



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 32 169 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 02 M 3/28**

⑰ Aktenzeichen: 197 32 169.0  
⑳ Anmeldetag: 25. 7. 97  
㉑ Offenlegungstag: 8. 4. 99

DE 197 32 169 A 1

⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Preller, Peter, 81243 München, DE

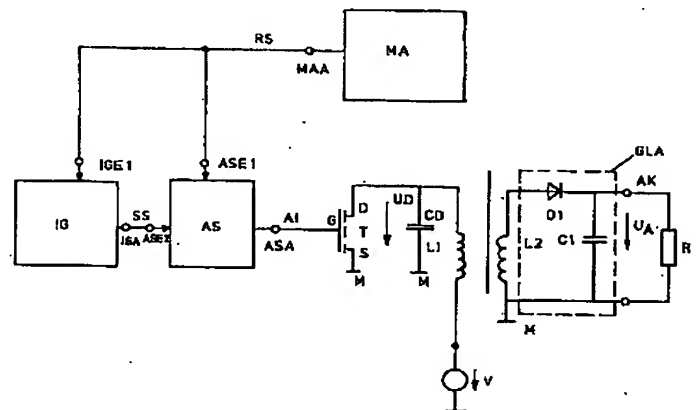
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 33 12 209 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Freischwingendes Schaltnetzteil

⑤⑦ Vorrichtung zur Gleichspannungsversorgung einer an Ausgangsklemmen (AK) anschließbaren Last (R) mit:  
- einem Halbleiterschaltenelement (T) zum getakteten Anlegen einer Versorgungsspannung (V) an eine Primärwicklung (L1) eines Übertragers nach Maßgabe einer an einem Steuereingang (G) des Halbleiterschaltenelements (T) anliegenden Folge von Ansteuerimpulsen (AI);  
- einer Ansteuerschaltung (AS) zur Erzeugung der Ansteuerimpulse (AI) mit einer ersten Eingangsklemme (ASE1) zum Anlegen eines von einer Meßanordnung (MA) erzeugten, analogen lastabhängigen Regelsignals (RS), von welchem die Dauer der einzelnen Ansteuerimpulse (AI) abhängt, und mit einer zweiten Eingangsklemme (ASE2) zum Anlegen eines die Einschaltzeitpunkte der Ansteuerimpulse (AI) festlegenden Startsignals (SS);  
- einem Impulsgeber (IG) mit einer Ausgangsklemme (IGE1), die an die Eingangsklemme (EK2) der Ansteuerschaltung (AS) angeschlossen ist, zur Bereitstellung des impulsförmig ausgebildeten Startsignals (SS) nach Maßgabe des Regelsignals (RS), welches einer ersten Eingangsklemme (IGE1) des Impulsgebers (IG) ebenfalls zugeführt ist, wobei der zeitliche Abstand der einzelnen Impulse des Startsignals (SS) vom Regelsignal (RS) beeinflussbar ist.



DE 197 32 169 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Gleichspannungsversorgung einer an Ausgangsklemmen anschließbaren Last mit folgenden Merkmalen:

- einem Halbleiterschaltenelement zum getakteten Anlegen einer Versorgungsspannung an eine Primärwicklung eines Übertragers nach Maßgabe einer an einem Steuereingang des Halbleiterschaltenelements anliegenden Folge von Ansteuerimpulsen;
- einer Ansteuerschaltung zur Erzeugung der Ansteuerimpulse mit einer ersten Eingangsklemme zum Anlegen eines von einer Meßanordnung erzeugten analogen lastabhängigen Regelsignals, von welchem die Dauer der einzelnen Ansteuerimpulse abhängt, und mit einer zweiten Eingangsklemme zum Anlegen eines die Einschaltzeitpunkte der Ansteuerimpulse festlegenden Startsignals.

Aufgabe von derartigen, in freischwingenden Schaltnetzteilen verwendeten Vorrichtungen ist es, eine wenigstens annähernd lastunabhängige Ausgangsspannung an den Ausgangsklemmen zur Verfügung zu stellen. Die Ausgangsklemmen sind hierbei üblicherweise über eine Gleichrichteranordnung mit Klemmen einer Sekundärwicklung des Übertragers verbunden. Die Ausgangsspannung ist neben der Last von der Leistung abhängig, die von der Primärwicklung an die Sekundärwicklung übertragen wird; verringert sich die Last ist eine Reduktion der übertragenen Leistung erforderlich, vergrößert sich die Last ist eine Erhöhung der übertragenen Leistung erforderlich, um jeweils eine bestimmte Ausgangsspannung aufrechtzuerhalten. Die übertragene Leistung ergibt sich aus dem zeitlichen Mittel der bei geschlossenem Halbleiterschaltenelement von der Primärwicklung aufgenommenen und der bei geöffnetem Halbleiterschaltenelement an die Sekundärwicklung abgegebenen Energie, wobei die aufgenommene Energie umso größer ist, je länger das Halbleiterschaltenelement jeweils geschlossen ist.

Die Einschalt Dauern des Halbleiterschaltenelements werden durch Ansteuerimpulse bestimmt, die von der Ansteuerschaltung abhängig von dem lastabhängigen Regelsignal erzeugt werden. Die variable Dauer der Ansteuerimpulse bestimmt die Ladedauer der Primärwicklung, also die Zeitdauer, während der die Primärwicklung mit der Versorgungsspannung zur Energieaufnahme verbunden ist. Hierbei gilt: je geringer die Last, umso geringer ist die zu übertragende Leistung und umso kürzer sind üblicherweise die Ansteuerimpulse und umgekehrt.

Die Entladedauer, also die Zeitdauer, während der die Primärwicklung Energie an die Sekundärwicklung abgibt, ist abhängig von der während der Ladedauer gespeicherten Energie und damit abhängig von der Dauer der Ansteuerimpulse. Um zu verhindern, daß das Halbleiterschaltenelement während der Entladedauer einschaltet, ist zur Minimierung von Schaltverlusten bei bekannten Vorrichtungen ein Primärwicklungssignal vorgesehen, aus welchem die Zeitpunkte abgeleitet werden, zu welchen die Primärwicklung energiefrei bzw. spannungsfrei ist, und welches bei der Erzeugung der Ansteuerimpulse berücksichtigt ist.

Bekannte Vorrichtungen sind üblicherweise so gestaltet, daß das Startsignal direkt aus diesem Primärwicklungssignal abgeleitet und so gewählt ist, daß die Ansteuerimpulse nach Beendigung der Entladedauer zu dem nächsten Zeitpunkt beginnen, zu dem die Primärwicklung spannungsfrei ist. Anm.: Die Zeitpunkte, zu denen die Primärwicklung spannungsfrei ist, werden im folgenden als Nullspannungs-

zeitpunkte bezeichnet.

Ein Einschalten nach Beendigung der Entladedauer bedingt bei kleiner werdenden Lasten ein Ansteigen der Schaltfrequenz, die durch den zeitlichen Abstand der einzelnen Ansteuerimpulse bestimmt ist. Bei kleiner werdender Last verringert sich die Dauer der Ansteuerimpulse, die gleich der Ladedauer der Primärwicklung ist, damit verringert sich auch die Energieaufnahme und die Entladedauer und der zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Ansteuerimpulsen reduzieren sich. Da die Schaltverluste mit zunehmender Schaltfrequenz erheblich zunehmen verringert sich der Wirkungsgrad der Vorrichtung mit kleiner werdender Last erheblich.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Gleichspannungsversorgung einer Last zur Verfügung zu stellen, bei der die Schaltfrequenz einen vorgebbaren Wert bei kleiner werdender Last nicht überschreitet, so daß sich insbesondere die oben genannten Nachteile nicht ergeben.

Diese Aufgabe wird durch eine eingangs genannt Vorrichtung gelöst, die zusätzlich folgendes Merkmal aufweist: einen Impulsgenerator mit einer Ausgangsklemme, die an die zweite Eingangsklemme der Ansteuerschaltung angeschlossen ist, zur Bereitstellung des impulsförmig ausgebildeten Startsignals nach Maßgabe des Regelsignals, welches einer Eingangsklemme des Impulsgenerators ebenfalls zugeführt ist, wobei der zeitliche Abstand der einzelnen Impulse des Startsignals vom Regelsignal beeinflussbar ist.

Neben der Dauer der Ansteuerimpulse ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch der zeitliche Abstand der Ansteuerimpulse von dem lastabhängigen Regelsignal abhängig. Die Einschaltzeitpunkte der Ansteuerimpulse und damit die Schaltfrequenz werden durch das impulsförmig ausgebildete, von dem Impulsgenerator erzeugte Startsignal bestimmt, wobei dessen Frequenz durch das lastabhängige Regelsignal beeinflusst ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Der Impulsgenerator weist vorzugsweise eine Spannungs-Zeit-Wandlereinheit auf, die abhängig von einem an einer Eingangsklemme anliegenden und von dem Regelsignal abhängigen modifizierten Regelsignal ein pulswertenmoduliertes Signal erzeugt. Die Dauer der einzelnen Impulse des pulswertenmodulierten Signals ist von der Amplitude des modifizierten Regelsignals abhängig, wobei das modifizierte Regelsignal mit dem von der Meßanordnung gelieferten an der ersten Eingangsklemme des Impulsgenerators anliegenden Regelsignal identisch sein kann, wie in einer Ausführungsform der Erfindung vorgeschlagen ist. Das pulswertenmodulierte Signal gibt das Startsignal frei, d. h. das pulswertenmodulierte Signal bestimmt die Zeitpunkte, ab denen die Impulse des Startsignals und damit die Ansteuerimpulse frühestmöglich erzeugt werden sollen. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit wird im folgenden angenommen, daß aus einer kleinen Last ein großes Regelsignal resultiert, wobei die Zeitdauern der Impulse des pulswertenmodulierten Signals jeweils um so länger sind, je größer das Regelsignal ist und umgekehrt.

Zur Reduzierung der Schaltverluste ist angestrebt, das Halbleiterschaltenelement mittels der Ansteuerimpulse zu Nullspannungszeitpunkten der Primärwicklung zu schließen. Um Impulse des Startsignals nur zu diesen Zeitpunkten zu erzeugen, weist der Impulsgenerator Detektionsmittel auf, um aus einem Primärwicklungssignal diese Nullspannungszeitpunkte zu detektieren und ein Impulssignal zu liefern, das beispielsweise aus einer Folge von Impulsen vorgegebener Dauer besteht. Diese Impulse stimmen zeitlich vorzugsweise mit den detektierten Nullspannungszeitpunk-

ten überein. Das Primärwicklungssignal ist abhängig von einer über der Primärwicklung anfallenden Spannung und ist dem Impulsgenerator vorzugsweise über eine zweite Eingangsklemme zugeführt. Der Impulsgenerator weist ferner Logikmittel auf, die Impulse des Startsignals nach Auftreten einer vorgegebenen Flanke des pulsweitenmodulierten Signals zu einem vorgegebenen dieser detektierten Nullspannungszeitpunkte erzeugen.

Die Logikmittel sind vorzugsweise so gestaltet, daß sie die einzelnen Impulse des Startsignals unmittelbar mit dem nächsten Nullspannungszeitpunkt nach einer fallenden Flanke des pulsweitenmodulierten Signals erzeugen. Vorteilhafterweise besitzen die Logikmittel hierzu ein UND-Glied, welchem das pulsweitenmodulierte Signal und das von den Detektionsmitteln bereitgestellte Impulssignal zur Erzeugung des Startsignals zugeführt ist.

Bei großen Lasten und damit einem kleinen Regelsignal erzeugt dieser Impulsgenerator ein pulsweitenmoduliertes Signal mit Impulsen von kurzer Dauer und damit ein Startsignal mit zeitlich kurzen Abständen zwischen den einzelnen Impulsen. Da die einzelnen Impulse des Startsignals zu Nullspannungszeitpunkten erzeugt werden, ist der minimale Abstand der einzelnen Impulse und damit die maximale Frequenz des Startsignals von der Entladedauer der Primärwicklung abhängig. Die Vorrichtung verhält sich bei großen Lasten wie bekannte derartige Vorrichtungen.

Bei kleinen Lasten und damit einem großen Regelsignal erzeugt der Impulsgenerator ein pulsweitenmoduliertes Signal mit Impulsen von langer Dauer und damit ein Startsignal mit entsprechend langen Abständen zwischen den einzelnen Impulsen, die Schaltfrequenz ist reduziert. Bedingt durch eine üblicherweise zu der Laststrecke des Halbleiterschaltlements parallel geschaltete Kapazität ergeben sich zwischen dieser Kapazität und der Primärwicklung sogenannte freie Trafoschwingungen, wenn die Primärwicklung nach der Entladedauer nicht sofort an die Versorgungsspannung geschaltet wird. Die sich während der Trafoschwingungen ergebenden Nullspannungszeitpunkte werden in den Detektionsmitteln detektiert und dienen in den Logikmitteln nach Auftreten der vorgegebenen Flanke des pulsweitenmodulierten Signals zur Erzeugung des Startsignals.

Bei gleichbleibendem Regelsignal und kleinen Lasten werden eine bestimmte Anzahl von Perioden der freien Trafoschwingungen zugelassen bis das Halbleiterschaltlement wieder für die Dauer eines Ansteuerimpulses einschaltet. Die Vorrichtung arbeitet so bei kleinen Lasten im frequenzreduzierten Betrieb.

Ergibt sich die vorgegebene Flanke des pulsweitenmodulierten Signals bei einem bestimmten Regelsignal jeweils kurz vor oder kurz nach einem Nullspannungszeitpunkt, so kann es bei geringfügigen Schwankungen des Regelsignals zu Schwankungen im zeitlichen Abstand zwischen den einzelnen Impulsen des Startsignals kommen. Diese Schwankungen liegen wenigstens im Bereich einer halben Periodendauer der freien Trafoschwingungen, da bspw. jeweils zum nächsten Nullspannungszeitpunkt nach Vorliegen der vorgegebenen Flanke eingeschaltet wird. Aus diesen Schwankungen resultieren Frequenzschwankungen des Startsignals, und damit Frequenzschwankungen (Jitter) der Schaltfrequenz, die zu hörbaren Geräuscheffekten führt.

Um derartige Frequenzschwankungen zu vermeiden ist in dem Impulsgenerator ein Regelkreis mit einem Rückkopplungsweig, der einen Phasendetektor aufweist, vorgesehen. Der Regelkreis gleicht im frequenzreduzierten Betrieb bei konstanter Last geringe Schwankungen des Regelsignals so aus, daß ein pulsweitenmoduliertes Signal mit annähernd konstanten Impulsdauern erzeugt wird. Das pulsweitenmodulierte Signal liegt zur Regelung an einem Eingang des

Rückkopplungsweiges an, wobei ein an einem Ausgang des Rückkopplungsweiges anliegendes, von dem Phasendiskriminator geliefertes Ausgangssignals additiv auf das Regelsignal zur Bildung des modifizierten Regelsignals zurückgekoppelt ist. Die Dauer der Impulse des pulsweitenmodulierten Signals, die von der Amplitude des modifizierten Regelsignals abhängen, lassen sich so durch Addition eines mehr oder weniger großen Ausgangssignals zu dem Regelsignal variieren. Die Amplitude der Regelsignalschwankungen, die mittels des Regelkreises ausgeglichen werden können ist abhängig von der maximalen Amplitude des Ausgangssignals des Rückkopplungsweiges.

Die Amplitude des Ausgangssignals ist bspw. abhängig von dem zeitlichen Abstand der vorgegebenen Flanke des pulsweitenmodulierten Signals zu dem vorhergehenden oder nachfolgenden Nullspannungszeitpunkt. Dem Phasendiskriminator ist daher über eine zweite Eingangsklemme das Primärwicklungssignal zugeführt.

Im frequenzreduzierten Betrieb wirkt sich bei größeren Lasten, und damit geringeren Zeitdauern zwischen zwei Impulsen des Startsignals, ein "Springen" der Einschaltzeitpunkte zwischen zwei Nullspannungszeitpunkten, die nach einer unterschiedlichen Anzahl Perioden der freien Trafoschwingungen auftreten, störender als bei kleinen Lasten, und damit ohnehin größeren Wartezeiten zwischen den einzelnen Impulsen des Startsignals, aus. Dem Phasendiskriminator ist daher vorzugsweise über eine dritte Eingangsklemme das Regelsignal zugeführt, um bei größeren Lasten eine größere maximale Amplitude des Ausgangssignals, und damit eine Ausregelung größerer Schwankungen des Regelsignals, als bei kleineren Lasten zu erreichen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung werden nachfolgend anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Gleichspannungsversorgung;

Fig. 2 Schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit beispielhafter Darstellung der Meßanordnung und der Ansteuerschaltung;

Fig. 3 Schematische Darstellung einer Ausführungsform des Phasendiskriminators;

Fig. 4 Schematische Darstellung einer Ausführungsform des Phasendiskriminators mit Rückkopplungsweig;

Fig. 5 Schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des Phasendiskriminators mit Rückkopplungsweig;

Fig. 6 Weitere Ausführungsform eines Phasendiskriminators;

Fig. 7 Ausführungsform eines Stellglieds mit Spannungsbegrenzer;

Fig. 8-12 Signalverläufe ausgewählter, in den Figuren bezeichneter Signale;

Fig. 13 Lastabhängiger Verlauf der Schaltfrequenz.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Gleichspannungsversorgung einer Last R, die an Ausgangsklemmen AK der Vorrichtung angeschlossen ist. Die Vorrichtung besitzt einen Übertrager mit einer Primärwicklung L1 und einer Sekundärwicklung L2, an die parallel eine Gleichrichteranordnung GLA mit Ausgangsklemmen angeschlossen ist, an denen die Gleichspannung  $U_A$  anliegt. Die dargestellte einfache Gleichrichteranordnung besteht aus einer parallel zu den Ausgangsklemmen geschalteten Kapazität C1 sowie aus einer Gleichrichterdioden D1.

Die Primärwicklung L1 ist mit einer Klemme an Versorgungspotential V und mit einer anderen Klemme über eine Laststrecke D-S eines Halbleiterschaltlements T an Bezugspotential M angeschlossen. Das Halbleiterschaltlement ist als MOS-FET ausgebildet. Parallel zu der Last-

strecke D-S des Halbleiterschaltlements, T befindet sich eine Kapazität CD, die einerseits aus parasitären Kapazitäten und andererseits aus einer gezielt parallel zu der Laststrecke D-S geschalteten Kapazität besteht. Ein Öffnen und Schließen des Halbleiterschaltlements T erfolgt abhängig von Ansteuerimpulsen AI, die an einem Steuereingang G des Halbleiterschaltlements T anliegen und die an einem Ausgang ASA einer Ansteuerschaltung AS zur Verfügung stehen. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit ist für die folgende Beschreibung angenommen, daß das Halbleiterschaltlement T geschlossen ist, wenn ein Ansteuerimpuls AI an dem Steuereingang G anliegt, und daß das Halbleiterschaltlement T geöffnet ist, wenn kein Ansteuerimpuls AI an dem Steuereingang G anliegt. Die Dauer der in der Ansteuerschaltung AS erzeugten Ansteuerimpulse AI ist abhängig von einem an einer ersten Eingangsklemme ASE1 der Ansteuerschaltung AS anliegenden lastabhängigen analogen Regelsignal RS, welches an einem Ausgang MAA einer Meßanordnung MA zur Verfügung steht.

Die Ansteuerschaltung AS weist eine zweite Eingangsklemme ASE2 auf, die mit einer Ausgangsklemme IGA eines Impulsgenerators IG verbunden ist. Ein von dem Impulsgenerator IG geliefertes Startsignal SS, das an der zweiten Eingangsklemme ASE2 der Ansteuerschaltung AS anliegt, bestimmt die Zeitpunkte, zu denen die einzelnen von der Ansteuerschaltung AS erzeugten Ansteuerimpulse AI jeweils beginnen und bestimmt somit die Einschaltzeitpunkte des Halbleiterschaltlements T. Das von dem Impulsgenerator IG gebildete Startsignal SS ist vorzugsweise impulsförmig ausgebildet, wobei die Dauer der einzelnen Impulse vorzugsweise kürzer als die minimale Dauer der Ansteuerimpulse AI ist. Der zeitliche Abstand zweier Impulse des Startsignals SS ist von dem ebenfalls an einer ersten Eingangsklemme IGE1 des Impulsgenerators IG anliegenden lastabhängigen analogen Regelsignal RS abhängig.

Fig. 2 zeigt eine spezielle Ausgestaltung der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung, wobei zum besseren Verständnis die Ansteuerschaltung AS und die Meßanordnung MA beispielhaft im Detail dargestellt sind.

Die dargestellte Meßanordnung MA weist eine Induktivität L auf, die induktiv mit der Sekundärwicklung L2 des Übertragers gekoppelt ist. Parallel zu der Induktivität L ist eine aus einer Diode D2 und einer Kapazität C2 bestehende Gleichrichteranordnung geschaltet, wobei an der Kapazität C2 eine zu der Ausgangsspannung  $U_A$  proportionale Spannung abgreifbar ist. Die Meßanordnung MA weist in dem dargestellten Beispiel ferner einen Spannungsteiler R1, R2 auf, der die an der Kapazität C2 anliegende Spannung auf eine ebenfalls zu der Ausgangsspannung  $U_A$  proportionale Spannung  $U_A$  herunterteilt, wobei letztere einer Eingangsklemme eines Operationsverstärkers OP1 zugeführt ist. Das an der Ausgangsklemme MAA der Meßanordnung MA anliegende Regelsignal entsteht in dem Operationsverstärker OP1 durch Subtraktion der Spannung  $U_A$  von einer Referenzspannung  $U_{REF}$  bei anschließender Verstärkung des Differenzsignals  $U_{REF} - U_A$ . Schwankungen der Ausgangsspannung  $U_A$  bewirken so Schwankungen des Regelsignals RS, wobei das Regelsignal RS steigt, wenn die Ausgangsspannung  $U_A$  sinkt und umgekehrt.

Aufgrund der direkten Abhängigkeit des Regelsignals von der Ausgangsspannung  $U_A$  bei der dargestellten Meßanordnung MA ist eine große Verstärkung des Operationsverstärkers OP1 erforderlich, um bereits bei kleinen Schwankungen des Ausgangssignals  $U_A$  große Schwankungen des Regelsignals RS zu bewirken. Das proportionale Verhalten der dargestellten Meßanordnung MA bewirkt eine rasche Änderung des Regelsignals RS bei Änderung des Ausgangssignals  $U_A$ , bedingt jedoch eine, wenn auch bei entsprechen-

der Verstärkung des Operationsverstärkers OP1 geringe Abweichung der Ausgangsspannung  $U_A$  von einem vorgegebenen Sollwert. Eine derartige Regelabweichung läßt sich beispielsweise bei Verwendung eines an sich bekannten Integralreglers oder Proportional-Integralreglers als Meßanordnung MA verhindern.

Die in Fig. 2 beispielhaft dargestellte Ansteuerschaltung AS besitzt einen Komparator K1, einen RS-Flip-Flop FF, einen Schalttransistor TS mit einem Steuereingang, der über einen Invertierer IN und einen Widerstand R4 mit einem Ausgang des Flip-Flops FF verbunden ist, und eine Kapazität C3, die mit einer Klemme an Bezugspotential M liegt und die mit einer anderen Klemme über einen Widerstand R3 an Versorgungspotential V liegt. Der Reset-Eingang RE des RS Flip-Flops FF ist mit einem Ausgang des Komparators K1, der Set-Eingang SE mit der zweiten Eingangsklemme ASE2 verbunden. Der Ausgang Q des Flip-Flops FF ist mit der Ausgangsklemme ASA der Ansteuerschaltung AS verbunden. Die Funktion dieser beispielhaft dargestellten Ansteuerschaltung AS ergibt sich wie folgt:

Mit Beginn eines Impulses des Startsignals SS wird das Flip-Flop FF gesetzt und damit der Beginn eines Ansteuerimpulses AI festgelegt. Der Schalttransistor TS sperrt und die Kapazität C3 wird über den Widerstand R3 solange aufgeladen, bis ein an der Kapazität C3 abgreifbares Bezugssignal BS den Wert des Regelsignals RS erreicht. Das Flip-Flop FF wird daraufhin über ein am Ausgang des Komparators K1 anliegendes Signal zurückgesetzt und der Ansteuerimpuls AI beendet. Die Dauer der Ansteuerimpulse AI ist von der Amplitude des Regelsignals RS abhängig. Um so größer das Regelsignal RS ist, um so länger dauert es, bis sich die Kapazität C3 nach Setzen des Flip-Flop FF auf den Wert des Regelsignals RS aufgeladen hat und umgekehrt.

Die Ausgangsspannung  $U_A$  ist bei der dargestellten Vorrichtung bei vorgegebener Last R von der Leistung abhängig, die von der Primärwicklung L1 an die Sekundärwicklung L2 übertragen wird. Die von der Primärwicklung L1 aufgenommene Leistung ist abhängig von der Dauer der Ansteuerimpulse AI und von der Schaltfrequenz, mit der die Ansteuerimpulse AI erzeugt werden. Die Primärwicklung L1 nimmt während der Dauer eines Ansteuerimpulses AI und damit bei geschlossenem Halbleiterschaltlement T Energie über die Versorgungsspannung V auf und gibt diese Energie nach Beendigung des Ansteuerimpulses AI und geöffnetem Halbleiterschalter T an die Sekundärwicklung L2 ab. Die Dauer der Ansteuerimpulse AI entspricht hierbei der Ladedauer, während der die Primärwicklung L1 Energie aufnimmt. Die Entladedauer, während der Primärwicklung L1 Energie an die Sekundärwicklung L2 abgibt, ist unter anderem abhängig von der während der Ladedauer in der Primärwicklung L1 gespeicherten Energie.

Zur Reduktion von Schaltverlusten und wegen der Gefahr der Trafosättigung ist zu vermeiden, daß während der Entladedauer ein erneuter Ansteuerimpuls AI erzeugt wird, um die Primärwicklung L1 weiter aufzuladen. Die Information über den Entladezustand der Primärwicklung L1 ist beispielsweise einem Primärwicklungssignal UD zu entnehmen, welches parallel zu der Laststrecke D-S des Halbleiterschaltlements T abgreifbar ist.

Fig. 8 zeigt einen typischen Verlauf des Primärwicklungssignals UD in Abhängigkeit von dem Startsignal SS und den Ansteuerimpulsen AI. Bei Vorliegen eines Impulses des Startsignals SS an der zweiten Eingangsklemme ASE2 der Ansteuerschaltung AS wird ein Ansteuerimpuls AI erzeugt, dessen Dauer von dem lastabhängigen Regelsignal RS abhängt. Das Primärwicklungssignal UD entspricht dem Bezugspotential M, solange ein Ansteuerimpuls AI an dem Steuereingang G des Halbleiterschaltlements T anliegt,

wobei im folgenden ohne Beschränkung der Allgemeinheit das Bezugspotential M als Masse angenommen ist. Nach Beendigung des Ansteuerimpulses AI springt das Primärwicklungssignal UD auf einen Wert, der sich aus der Summe der Versorgungsspannung V und der in der Primärwicklung L1 induzierten Spannung ergibt. Das Primärwicklungssignal UD bleibt annähernd auf diesem Pegel, solange Energie an die Sekundärwicklung L2 abgegeben wird. Das Ende der Entladedauer ist gekennzeichnet durch einen Abfall des Primärwicklungssignals UD auf den Wert der Versorgungsspannung V, wobei zu diesem Zeitpunkt keine Spannung an der Primärwicklung L1 anliegt.

Wird das Halbleiterschaltetelement T nach Beendigung der Entladedauer nicht sofort wieder eingeschaltet, so ergeben sich sogenannte freie Trafoschwingungen, wie in Fig. 8 dargestellt ist, deren Periodendauer von der Induktivität der Primärwicklung L1 und von der Kapazität CD abhängt.

Während bei bekannten Vorrichtungen das Halbleiterschaltetelement T sofort nach Beendigung der Entladedauer eingeschaltet wird, werden bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung abhängig von dem Regelsignal RS freie Trafoschwingungen zugelassen, bis angeregt durch das Startsignal SS ein neuer Ansteuerimpuls AI erzeugt wird. Vorzugsweise erfolgt ein Einschalten des Halbleiterschaltetelements T zu Zeitpunkten, zu denen die Primärwicklung L1 spannungsfrei ist oder kurz nach solchen Zeitpunkten, wobei diese Zeitpunkte im folgenden als Nullspannungszeitpunkte bezeichnet sind. Vorzugsweise erfolgt das Einschalten zu solchen Nullspannungszeitpunkten, die auf einer fallenden Flanke des Primärwicklungssignals UD liegen. Die Informationen über Nullspannungszeitpunkte lassen sich neben dem in Fig. 2 dargestellten Primärwicklungssignal UD beispielsweise auch aus Signalen entnehmen, die durch einen Spannungsabgriff direkt an der Primärwicklung L1, durch einen Spannungsabgriff an der Induktivität L der Meßanordnung MA oder durch einen Spannungsabgriff an der Sekundärwicklung L2 erzeugt werden.

Die Informationen über Nullspannungszeitpunkte der Primärwicklung L1 sind dem Impulsgenerator IG in den dargestellten Beispielen als bewertetetes Primärwicklungssignal UDK über eine zweite Eingangsklemme IGE2 zugeführt. In Fig. 8 ist beispielhaft für das dort dargestellte Primärwicklungssignal UD ein bewertetetes Primärwicklungssignal UDK dargestellt, wobei das bewertetete Primärwicklungssignal UDK lediglich zwei Pegel aufweist und wobei das dargestellte bewertetete Primärwicklungssignal UDK mit steigender Flanke des Primärwicklungssignals UD zum jeweiligen Nullspannungszeitpunkt von einem unteren Pegel auf einen oberen Pegel wechselt und mit einer fallenden Flanke des Primärwicklungssignals UD zum jeweiligen Nullspannungszeitpunkt von dem oberen Pegel zu dem unteren Pegel wechselt. Ein derartiges bewertetetes Primärwicklungssignal UDK ist beispielsweise mittels der in Fig. 2 dargestellten Bewertereinheit BE generierbar, die im wesentlichen einen Komparator K2 aufweist, der das Primärwicklungssignal UD mit dem Pegel des Versorgungspotentials V vergleicht.

Dem in Fig. 2 dargestellten Impulsgenerator IG sind über eine dritte Eingangsklemme IGE3 weiterhin die Ansteuerimpulse AI zugeführt, wobei die Ansteuerimpulse AI dazu dienen, den Impulsgenerator IG zur Erzeugung der Impulse des Startsignals SS freizugeben.

In den Fig. 3 und 4 sind mögliche Ausgestaltungen des Impulsgenerators IG im Blockschaltbild dargestellt, wobei der in Fig. 4 dargestellte Impulsgenerator, der sämtliche Einheiten des in Fig. 3 dargestellten Impulsgenerators enthält, im wesentlichen in Fig. 5 im Detail dargestellt ist. Der Impulsgenerator IG weist eine Spannungs-Zeit-Wandlereinheit SZW auf, der an einer Eingangsklemme ein modifizier-

tes Regelsignal MRS zugeführt ist, wobei das modifizierte Regelsignal MRS das dem Impulsgenerator IG an der ersten Eingangsklemme IGE1 zugeführte Regelsignal RS sein kann, wie in Fig. 3 dargestellt, oder wobei das modifizierte Regelsignal MRS in einer Addiereinheit 14 aus dem Regelsignal RS und einem an einem Ausgang eines Rückkopplungszweiges anliegenden Ausgangssignals UPD gebildet sein kann.

An einer Ausgangsklemme der Spannungszeitwandlereinheit SZW steht ein pulsweitenmoduliertes Signal F2 zur Verfügung, wobei die Dauer der einzelnen Impulse des pulsweitenmodulierten Signals F2 von der Amplitude des modifizierten Regelsignals MRS abhängt. An einem zweiten Eingang der Spannungs-Zeit-Wandlereinheit SZW, der mit der dritten Eingangsklemme IGE3 des Impulsgenerators IG verbunden ist, liegt ein Freigabesignal an, welches den Beginn der einzelnen Impulse des pulsweitenmodulierten Signals F2 festlegt. Das Freigabesignal besteht vorzugsweise aus den Ansteuerimpulsen AI, wobei die einzelnen Impulse des pulsweitenmodulierten Signals F2 vorzugsweise mit einer fallenden Flanke der Ansteuerimpulse AI beginnen.

Der Impulsgenerator IG weist ferner ein Detektionsmittel DM auf, welches mit einer Eingangsklemme mit der zweiten Eingangsklemme IGE2 des Impulsgenerators IG verbunden ist und welchem so das bewertetete Primärwicklungssignal UDK zugeführt ist. An einer Ausgangsklemme des Detektionsmittels DM steht ein Impulssignal NDG zur Verfügung. Die einzelnen, vorzugsweise gleich langen Impulse des Impulssignals NDG markieren steigende oder fallende Flanken des bewerteteten Primärwicklungssignals UDK und damit Nullspannungszeitpunkte der Primärwicklung L1. Das Detektionsmittel DM ist vorzugsweise so ausgebildet, daß es ein Impulssignal NDG erzeugt, welches nur fallende Flanken des bewerteteten Primärwicklungssignals UDK durch einen Impuls markiert. Das pulsweitenmodulierte Signal F2 und das Impulssignal NDG sind Logikmitteln LM zugeführt, die einen Ausgang aufweisen, der mit dem Ausgang IGA des Impulsgenerators IG verbunden ist und an welchem das Startsignal SS zur Verfügung steht.

Die Logikmittel LM erzeugen Impulse des Startsignals SS jeweils nach Vorliegen einer vorgegebenen Flanke des pulsweitenmodulierten Signals F2 vorzugsweise mit dem nächsten Impuls des Impulssignals NDG. Das pulsweitenmodulierte Signal F2 bestimmt damit den frühestmöglichen Zeitpunkt, ab dem ein Impuls des Startsignals SS erzeugt werden kann, während das Impulssignal NDG den tatsächlichen Zeitpunkt festlegt.

In Fig. 5 ist ein Ausführungsbeispiel einer Spannungs-Zeit-Wandlereinheit SZW dargestellt, die im wesentlichen aus einem Komparator 13, mit einem Ausgang, an dem das pulsweitenmodulierte Signal F2 zur Verfügung steht, und einem Signalgenerator SG besteht. Der Signalgenerator SG liefert ein Bezugssignal UW, welches an einem Plus-Bingang des Komparators 13 zugeführt ist, wobei an einem Minus-Eingang des Komparators 13 das modifizierte Regelsignal MRS anliegt. Der Signalgenerator SG besitzt einen ersten Transistor 4, der mit einer Laststrecke zwischen einem zweiten Versorgungspotential US und einer Elektrode einer Kapazität 3 verschaltet ist, wobei die andere Elektrode der Kapazität 3 an Bezugspotential M liegt. An einem Steuereingang des Transistors 4 liegt über einen Widerstand 1 das Freigabesignal, das in dem dargestellten Beispiel aus den Ansteuerimpulsen AI besteht, an. Die erste Klemme der Kapazität 3 ist mit der Ausgangsklemme SGA des Signalgenerators SG verbunden. Der Signalgenerator SG weist ferner einen zweiten Transistor 7 auf, der mit einer Laststrecke zwischen Bezugspotential M und einer ersten Klemme einer Stromquelle 6 verschaltet ist, wobei eine zweite Klemme



der Stromquelle 6 an der Ausgangsklemme SGA liegt. An einer Steuerelektrode des zweiten Transistors 7 liegt über einen Invertierer 2 und einen Widerstand 5 das Freigabesignal an. Die Funktionsweise der dargestellten Spannungs-Zeit-Wandlereinheit ergibt sich wie folgt:

Während der Dauer eines Ansteuerimpulses AI leitet der erste Transistor 4 und der zweite Transistor 7 sperrt. Die Kapazität 3 wird während der Dauer eines Ansteuerimpulses AI auf den Wert der zweiten Versorgungsspannung US aufgeladen. Nach Beendigung des Ansteuerimpulses AI sperrt der erste Transistor 4, der zweite Transistor 7 leitet und die Kapazität 3 wird über die Stromquelle 6 und den zweiten Transistor 7 entladen. Der Ausgang des Komparators 13 steigt auf einen oberen Signalpegel, wenn das Bezugssignal UW das modifizierte Regelsignal MRS übersteigt und fällt auf einen unteren Signalpegel, wenn das modifizierte Regelsignal MRS das Bezugssignal UW übersteigt.

In Fig. 9 ist der zeitliche Verlauf eines Impulses des impulsweitenmodulierten Signals F2 abhängig von der Amplitude des modifizierten Regelsignals MRS und von dem Bezugssignal UW dargestellt. Unter der Annahme, daß die Amplitude des Bezugssignals UW nach Vorliegen des Ansteuerimpulses AI sehr schnell ansteigt, ist die Dauer  $t_{F2}$  des dargestellten Impulses des impulsweitenmodulierten Signals F2 proportional zur Amplitude des modifizierten Regelsignals MRS. Die Dauer  $t_{F2}$  des Impulses und damit die Wartezeit zwischen zwei Impulsen des Startsignals SS ist um so größer, je kleiner das modifizierte Regelsignal MRS ist, und umgekehrt. Die Abhängigkeit der Dauer der Impulse des impulsweitenmodulierten Signals F2 von dem modifizierten Regelsignal MRS ist schematisch in Fig. 11 dargestellt, wobei angenommen ist, daß das modifizierte Regelsignal MRS nach unten auf ein minimales Signal  $MRS_{min}$  und nach oben auf ein maximales Signal  $MRS_{max}$  beschränkt ist, so daß sich eine minimale Impulsdauer  $t_{F2_{min}}$  und eine maximale Impulsdauer  $t_{F2_{max}}$  ergibt.

Die in Fig. 5 dargestellten Logikmittel LM weisen ein UND-Glied 22 und einen Invertierer 23 auf, der einem Eingang des UND-Glieds 22 vorgeschaltet ist. Durch UND-Verknüpfung des invertierten impulsweitenmodulierten Signals F2 und des von den Detektionsmittel DM gelieferten Impulssignals NDG wird in den Logikmitteln LM ein Impuls des Startsignals SS erzeugt. Ein Impuls des Startsignals wird bei den dargestellten Logikmitteln LM erzeugt, wenn ein Impuls des Impulssignals NDG an dem Eingang der Logikmittel LM anliegt, nachdem ein Impuls des impulsweitenmodulierten Signals F2 beendet ist. Das impulsweitenmodulierte Signal F2 gibt damit die minimale Wartezeit zwischen zwei Impulsen des Startsignals SS vor, während der tatsächliche Einschaltzeitpunkt eines Startsignalimpulses von dem Impulssignal NDG abhängt.

Um bei gleichbleibender Last und geringfügigen Schwankungen des Regelsignals RS zu verhindern, daß sich die Schwankungen des Regelsignals RS in Schwankungen der Impulsdauer  $t_{F2}$  des impulsweitenmodulierten Signals F2, damit in unerwünschte Schwankungen zwischen den Abständen der einzelnen Impulse des Startsignals SS und damit in Schwankungen der Schaltfrequenz auswirken, ist bei den in Fig. 4 und 5 dargestellten Impulsgeneratoren IG ein Rückkopplungszweig mit einem Phasendiskriminator PD vorgesehen. Der Phasendiskriminator PD weist eine erste Eingangsklemme PDE1, an der das impulsweitenmodulierte Signal F2 anliegt, und eine Ausgangsklemme PDA, an der ein Ausgangssignal UPD anliegt, auf, wobei das Ausgangssignal UPD mittels einer Addiereinheit 14 zu dem Regelsignal RS addiert wird. Das Ausgangssignal UPD gleicht Schwankungen des Regelsignals RS derart aus, daß sich für Schwankungen des Regelsignals RS innerhalb eines vorge-

gebenen Bereiches ein gleichbleibendes modifiziertes Regelsignal MRS und damit für diesen Regelsignalebene eine gleichbleibende Dauer der Impulse des impulsweitenmodulierten Signals F2 ergibt. Soll das Startsignal SS immer mit oder kurz nach einer fallenden Flanke des Primärwicklungssignals UD erzeugt werden, so wird das Ausgangssignal UDP in dem Phasendiskriminator PD vorzugsweise so erzeugt, daß sich in eingeregelter Zustand ein modifiziertes Regelsignal MRS ergibt, bei dem die einzelnen Impulse des impulsweitenmodulierten Signals F2 mit einer steigenden Flanke des Primärwicklungssignals UD enden.

Zur Erzeugung des Ausgangssignals UDP ist dem Phasendiskriminator PD über eine zweite Eingangsklemme PDE2 das bewertete Primärwicklungssignal UDK zugeführt. Die Amplitude des Ausgangssignals UDP ist bei dem in Fig. 5 dargestellten Phasendiskriminator PD abhängig vom zeitlichen Abstand einer steigenden Flanke des bewerteten Primärwicklungssignals UDK und einer fallenden Flanke des impulsweitenmodulierten Signals F2.

Der dargestellte Phasendiskriminator PD besitzt ein Verzögerungsglied 16, eine Differenziereinrichtung 14, einen Invertierer 15, zwei UND-Glieder 17 und 18, ein Stellglied 19 mit einem nachgeschalteten Spannungsbegrenzer 20 und eine zwischen der Ausgangsklemme PDA und Bezugspotential M geschalteten Kapazität 21.

Die Funktionsweise des dargestellten Phasendiskriminators PD wird aus Fig. 10 ersichtlich, in der die in Fig. 5 eingezeichneten Signale über der Zeit aufgetragen sind. Ein an einem Eingang des Stellglieds 19 anliegendes Signal UP ergibt sich durch UND-Verknüpfung eines von der Differenziereinrichtung 14 gelieferten Differenzierersignals F2D mit einem Signal UDKV, welches sich durch Verzögerung in einem Verzögerungsglied 16 aus dem bewerteten Primärwicklungssignal UDK ergibt. An einem Eingang der Differenziereinrichtung 14 liegt das impulsweitenmodulierte Signal F2 an, wobei Impulse des Differenzierersignals F2D in dem dargestellten Beispiel jeweils fallende Flanken des impulsweitenmodulierten Signals F2 markieren. Die Breite der einzelnen Impulse ist hierbei vorzugsweise geringer als die Periodendauer der freien Trafo-schwingungen zu wählen. Ein an einem zweiten Eingang des Stellglieds 19 anliegendes Signal DOWN ergibt sich durch UND-Verknüpfung des Differenzierersignals F2D mit einem Signal, welches sich durch Verzögerung und anschließender Invertierung aus dem bewerteten Primärwicklungssignal UDK ergibt. Wie aus Fig. 10 ersichtlich ist, ist die Dauer der einzelnen Impulse des Signals UP und des Signals DOWN abhängig von der zeitlichen Lage einer fallenden Flanke des impulsweitenmodulierten Signals F2 und einer steigenden Flanke des bewerteten Primärwicklungssignals UDK. Stimmen diese beiden Flanken zeitlich überein, so sind die Impulse der Signale UP und DOWN gleich lang.

Die Verzögerung der in dem Verzögerungsglied 16 durchgeführten Verzögerung des bewerteten Primärwicklungssignals UDK beträgt vorzugsweise die Hälfte der Dauer eines Impulses des Differenzierersignals F2D.

Ändert sich die zeitliche Lage der steigenden Flanke des bewerteten Primärwicklungssignals UDK und der fallenden Flanke des impulsweitenmodulierten Signals F2, so ändert sich das Verhältnis der Impulsdauern der einzelnen Impulse des Signals UP und DOWN. Über das Stellglied 19, welches ein integrierendes Regelverhalten aufweist, ändert sich das Ausgangssignal UPD, welches an der Kapazität 21 des Phasendiskriminators PD abgreifbar ist. Übersteigt die Dauer der Impulse des Signals UP beispielsweise die Dauer der Impulse des Signals DOWN, so wird die Kapazität 21 weiter aufgeladen, das Ausgangssignal UPD steigt. Das Ausgangssignal UPD ändert sich solange, bis sich ein modifi-

ziertes Regelsignal MRS einstellt, bei welchem die fallende Flanke des pulsweitenmodulierten Signals F2 wieder mit einer steigenden Flanke des bewerteten Primärwicklungssignals UDK übereinstimmt.

Eine Ausführungsform des beschriebenen Stellglieds 19 und des nachgeschalteten Spannungsbegrenzers 20 ist in Fig. 7 dargestellt. Die Bezugszeichen 191, 192, 193, 194, 203 und 204 bezeichnen dort Widerstände, die Bezugszeichen 195, 196, 201 und 202 bezeichnen Transistoren, die Bezugszeichen 205 und 206 bezeichnen Zenerdioden und das Bezugszeichen  $V_{CC}$  bezeichnet eine dritte Versorgungsspannung.

Die Funktion des Spannungsbegrenzers 20 entspricht der des in Fig. 5 dargestellten Spannungsbegrenzers 11, der der ersten Eingangsklemme IGE1 des Impulsgenerators IG zur Begrenzung des Regelsignals RS nachgeschaltet ist.

Der in Fig. 5 dargestellte Phasendiskriminator PD besitzt eine, in Fig. 4 nicht dargestellte, dritte Eingangsklemme PDE3, an der das Regelsignal RS anliegt. Das Regelsignal RS beeinflusst über den Spannungsbegrenzer 20 den oberen und unteren Grenzwert des Ausgangssignals UPD, wobei ein Eingang, an welchem dem Spannungsbegrenzer 20 das Regelsignal RS zugeführt ist, in Fig. 7 nicht dargestellt ist. Die Höhe der Schwankungen des Regelsignals RS, die durch das Ausgangssignal UPD des Phasendiskriminators PD ausgeglichen werden können, ist abhängig von der Amplitude des Ausgangssignals UPD. Können Schwankungen des Regelsignals RS durch das Ausgangssignal UPD nicht mehr ausgeglichen werden, so kommt es im frequenzreduzierten Betrieb zu Schwankungen der Schaltfrequenz dadurch, daß die Impulse des Startsignals SS nach einer unterschiedlichen Anzahl Perioden der freien Trafoschwingungen erzeugt werden. Diese Schwankungen wirken sich bei einer hohen Schaltfrequenz und damit bei einem großen Regelsignal RS stärker aus als bei einer geringeren Schaltfrequenz und einem kleineren Regelsignal RS. Die Ausregelung eines größeren Schwankungsbereiches bei großem Regelsignal läßt sich durch Variieren der maximalen Amplitude des Ausgangssignals UPD mittels des Regelsignals RS in dem Spannungsbegrenzer 20 erreichen.

Fig. 12 zeigt die Abhängigkeit des modifizierten Regelsignals MRS von dem Regelsignal RS bei Verwendung eines Regelkreises mit Phasendiskriminator PD in dem Impulsgenerator. Das modifizierte Regelsignal MRS ist hierbei jeweils für vorgegebene Intervalle des Regelsignals RS konstant, wobei die Länge der Intervalle, über die das modifizierte Regelsignal MRS konstant ist mit zunehmendem Regelsignal RS zunimmt. Die Pfeile deuten an, in welcher Richtung sich das modifizierte Regelsignal MRS bei steigendem bzw. fallendem Regelsignal RS ändert.

In Fig. 6 ist eine besonders platzsparende und einfach zu realisierende Schaltungsanordnung eines Rückkopplungszweiges mit Phasendiskriminator PD dargestellt. Die Funktion der in Fig. 5 dargestellten Addiereinheit 12 wird bei der in Fig. 6 dargestellten Funktionseinheit von einem Transistor 47 übernommen, der mit einer Emittierelektrode über einen Widerstand 46 an Bezugspotential M liegt und der über einen weiteren Widerstand 45 mit der ersten Eingangsklemme IGE1, an der das Regelsignal RS anliegt, verbunden ist. An einer Kollektorelektrode des Transistors 47 ist das modifizierte Regelsignal MRS abgreifbar. Der in Fig. 6 dargestellte Phasendiskriminator PD besitzt eine Kapazität 21', deren Funktion der in Fig. 5 dargestellten Kapazität 21 entspricht. Die an der Kapazität 21' anliegende Ausgangsspannung UPD liegt an einer Steuerelektrode des Transistors 47 an.

Der dargestellte Phasendiskriminator PD weist weiterhin eine erste und zweite Stromquelle J1, J2 und einen Begren-

zungstransistor 41 auf. Eine Laststrecke des Begrenzungstransistors 41 ist parallel zu der Kapazität 21' geschaltet, wobei über ein an einer Steuerelektrode des Begrenzungstransistors 41 anliegendes Begrenzungssignal U<sub>Lim</sub>, die maximal über der Kapazität 21' anliegende Ausgangsspannung einstellbar ist. Das Begrenzungssignal U<sub>Lim</sub> ist je nach Ausführungsform als konstantes Signal in dem Phasendiskriminator PD erzeugt oder von dem Regelsignal RS abhängig. Die Funktion des Begrenzungstransistors 41 entspricht der Funktion des in Fig. 5 dargestellten Spannungsbegrenzers 20. Die Kapazität 21' wird über die parallel geschaltete zweite Stromquelle J2, die durch ein erstes Steuersignal KUZ periodisch eingeschaltet ist, im Zeitmittel ständig entladen. Über die erste Stromquelle J1, die abhängig von einem zweiten Steuersignal F3 eingeschaltet ist, wird die Kapazität 21' im Zeitmittel ständig geladen. Abhängig von dem Verhältnis des ersten Steuersignals KUZ zu dem zweiten Steuersignal F3 steigt oder fällt die Ausgangsspannung UPD oder bleibt die Ausgangsspannung UPD konstant. Das zweite Steuersignal F3 ist vorzugsweise abhängig von dem pulsweitenmodulierten Signal F2 und den Ansteuerimpulsen AI erzeugt. Die Dauer der Impulse des zweiten Steuersignals F3 entsprechen vorzugsweise den Zeitdauern zwischen dem Ende der Impulse des pulsweitenmodulierten Signals F2 und dem Beginn des nächsten Ansteuerimpulses AI.

Abschließend ist in Fig. 13 der Verlauf der Schaltfrequenz abhängig von einer an der Last abgegebenen Leistung  $P_{OUT}$  aufgetragen. Eine erste Kurve FK1 zeigt den Frequenzverlauf bisher verwendeter Schaltnetzteile, bei welchen die Schaltfrequenz mit abnehmender Leistung  $P_{OUT}$  bzw. kleiner werdender Last ansteigt. In einer zweiten Kurve ist der Verlauf der Schaltfrequenz eines erfindungsgemäßen Schaltnetzteils dargestellt, bei welchem die Schaltfrequenz für kleiner werdende Lasten einem festem Wert entgegenstrebt, wobei für diese Darstellung davon ausgegangen ist, daß kein Phasendiskriminator in dem Impulsgenerator verwendet ist.

#### Bezugszeichenliste

- TS Transistor
- SGA Ausgangsklemme des Signalgenerators
- MAA Ausgang der Meßanordnung
- AK Ausgangsklemmen
- AS Ansteuerschaltung
- ASA Ausgangsklemme der Ansteuerschaltung
- ASE1 erste Eingangsklemme der Ansteuerschaltung
- ASE2 zweite Eingangsklemme der Ansteuerschaltung
- BE Bewertereinheit
- C1 Kapazität
- C2 Kapazität
- C3 Kapazität
- CD Kapazität
- CV Netzgleichrichterkapazität
- D zweite Elektrode des Halbleiterschaltlements
- D1 Diode
- D2 Diode
- FF Flip-Flop
- G Steuereingang des Halbleiterschaltlements
- GLA Gleichrichteranordnung
- IG Impulsgenerator
- IGA Ausgangsklemme des Impulsgenerators
- IGE1 erste Eingangsklemme des Impulsgenerators
- IGE2 zweite Eingangsklemme des Impulsgenerators
- IGE3 dritte Eingangsklemme des Impulsgenerators
- IN Invertierer
- J1 erste Stromquelle

J2 zweite Stromquelle  
 K1 Komparator  
 K2 Komparator  
 L1 Primärwicklung  
 L2 Sekundärwicklung  
 LM Logikmittel  
 LM Induktivität  
 MA Meßanordnung  
 OP1 Operationsverstärker  
 PD Phasendiskriminator  
 PDA Ausgangsklemme des Phasendiskriminators  
 PDE1 erste Eingangsklemme des Phasendiskriminators  
 PDE2 zweite Eingangsklemme des Phasendiskriminators  
 PDE3 dritte Eingangsklemme des Phasendiskriminators  
 R Last  
 RE Reset-Eingang  
 R1 Widerstand  
 R2 Widerstand  
 R3 Widerstand  
 R4 Widerstand  
 RZA Ausgangsklemme des Rückkopplungszweiges  
 S erste Elektrode des Halbleiterschaltetelements  
 SE Set-Eingang  
 SG Signalgenerator  
 SZW Spannungs-Zeit-Wandlereinheit  
 T Halbleiterschaltetelement  
 Q Flip-Flop-Ausgang  
 1 Widerstand  
 2 Invertierer  
 3 Kapazität  
 4 Transistor  
 5 Widerstand  
 6 Stromquelle  
 7 Transistor  
 10 Diode  
 11 Spannungsbegrenzerschaltung  
 12 Addiereinheit  
 13 Komparator  
 14 Differenzierer  
 15 Invertierer  
 16 Verzögerungsglied  
 17, 18 UND-Glieder  
 19 Stellglied  
 20 Spannungsbegrenzerschaltung  
 21 Ausgangskapazität  
 22 UND-Glied  
 23 Invertierer  
 41 Transistor  
 42, 43 Stromquellen  
 44 Kapazität  
 45, 46 Widerstände  
 47 Transistor  
 191–194 Widerstände  
 195, 195 Transistoren  
 201, 201 Transistoren  
 203, 204 Widerstände  
 205, 206 Dioden  
 220 erste Eingangsklemme der Logikmittel  
 221 zweite Eingangsklemme der Logikmittel  
 BS Bezugssignal  
 AI Ansteuerimpulse  
 DOWN zweites Stellgliedsignal  
 FK1 erste Kurve  
 FK2 zweite Kurve  
 F2 pulswidenmoduliertes Signal  
 F2D differenziertes pulswidenmoduliertes Signal  
 F3 zweites Steuersignal  
 KUZ erstes Steuersignal

M Bezugspotential  
 MRS Modifiziertes Regelsignal  
 NDG Impulssignal  
 P<sub>OUT</sub> Ausgangsleistung  
 5 RS Regelsignal  
 SS Startsignal  
 U<sub>A</sub> Ausgangsspannung  
 U<sub>A</sub> zu der Ausgangsspannung proportionales Signal  
 UDK Bewertetes Primärwicklungssignal  
 10 UDKV Verzögertes bewertetes Primärwicklungssignal  
 UL im Begrenzungssignal  
 UP erstes Stellgliedsignal  
 UPD Ausgangssignal  
 UREF Referenzspannung  
 UW Bezugssignal  
 15 V Versorgungsspannung/Versorgungspotential  
 VCC dritte Versorgungsspannung  
 US zweite Versorgungsspannung

#### Patentansprüche

- 20 1. Vorrichtung zur Gleichspannungsversorgung einer an Ausgangsklemmen (AK) anschließbaren Last (R) mit:
  - einem Halbleiterschaltetelement (T) zum getakteten Anlegen einer Versorgungsspannung (V) an eine Primärwicklung (L1) eines Übertragers nach Maßgabe einer an einem Steuereingang (G) des Halbleiterschaltetelements (T) anliegenden Folge von Ansteuerimpulsen (AI);
- 25 – einer Ansteuerschaltung (AS) zur Erzeugung der Ansteuerimpulse (AI) mit einer ersten Eingangsklemme (ASE1) zum Anlegen eines von einer Meßanordnung (MA) erzeugten, analogen lastabhängigen Regelsignals (RS), von welchem die Dauer der einzelnen Ansteuerimpulse (AI) abhängt, und mit einer zweiten Eingangsklemme (ASE2) zum Anlegen eines die Einschaltzeitpunkte der Ansteuerimpulse (AI) festlegenden Startsignals (SS);
- 30 gekennzeichnet durch folgendes weiteres Merkmal:
  - einen Impulsgenerator (IG) mit einer Ausgangsklemme (IGA), die an die zweite Eingangsklemme (ASE2) der Ansteuerschaltung (AS) angeschlossen ist, zur Bereitstellung des impulsförmig ausgebildeten Startsignals (SS) nach Maßgabe des Regelsignals (RS), welches einer ersten Eingangsklemme (IGE1) des Impulsgenerators (IG) ebenfalls zugeführt ist, wobei der zeitliche Abstand der einzelnen Impulse des Startsignals (SS) vom Regelsignal (RS) beeinflussbar ist.
- 35 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulsgenerator (IG) eine Spannungs-Zeit-Wandlereinheit (SZW) aufweist, die abhängig von der Amplitude eines an einer Eingangsklemme der Spannungs-Zeit-Wandlereinheit (SZW) anliegenden, von dem Regelsignal (RS) abhängigen modifizierten Regelsignals (MRS) ein pulswidenmoduliertes Signal (F2) bereitstellt, welches das Startsignal (SS) freigibt.
- 40 3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das modifizierte Regelsignal (MRS) das Regelsignal (RS) ist.
- 45 4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Impuls-generator (IG) ein Detektionsmittel (DM) vorgesehen ist zur Detektion von Zeitpunkten zu welchen die Primärwicklung (L1) spannungsfrei ist und daß der Im-
- 50
- 55
- 60
- 65



pulsgenerator (IG) Logikmittel (LM) aufweist, welche das Startsignal (SS) nach Auftreten einer vorgegebenen Flanke des pulswertenmodulierten Signals (F2) zu einem vorgegebenen dieser Zeitpunkte einschaltet.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Logikmittel (LM) das Startsignal (SS) zum unmittelbar nächsten der Zeitpunkte einschalten.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Flanke die fallende Flanke des pulswertenmodulierten Signals (F2) ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Logikmittel (LM) ein UND-Glied (21) aufweisen, welchem das pulswertenmodulierte Signal (F2) und ein von den Detektionsmitteln (DM) bereitgestelltes Impulssignal (NDG) zur Generierung des Startsignals (SS) zugeführt ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Impulsgenerator (IG) über eine zweite Eingangsklemme (IGE2) ein Primärwicklungssignal (UDK) zuführbar ist, aus welchem in den Detektionsmitteln (DM) das Impulssignal (NDG) erzeugbar ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulsgenerator (IG) einen Rückkopplungsweig mit einem Phasendiskriminator (PD) zur Rückkopplung des an einem Ausgang des Spannungs-Zeit-Wandlers (SZW) anliegenden pulswertenmodulierten Signals (F2) aufweist, wobei ein an einem Ausgang (RZA) des Rückkopplungsweiges anliegendes Ausgangssignal (UPD) des Phasendiskriminators (PD) dem Regelsignal (RS) mittels einer Addiereinheit (12) zur Bildung des modifizierten Regelsignals (MRS) zugeführt ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasendiskriminator (PD) eine zweite Eingangsklemme (PDE2) aufweist, an welcher das Primärwicklungssignal (UDK) anliegt, wobei die Amplitude des am Ausgang (PDA) des Phasendiskriminators (PD) anliegenden Ausgangssignals (UPD) vom gegenseitigen zeitlichen Abstand zweier Flanken des pulswertenmodulierten Signals (F2) und des Primärwicklungssignals (UDK) abhängt.

11. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasendiskriminator (PD) eine dritte Eingangsklemme (PDE3) zum Zuführen des Regelsignals (RS) aufweist, welches die maximale Amplitude des Ausgangssignals (UPD) beeinflußt.

12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulsgenerator (IG) eine dritte Eingangsklemme (IGE3) zum Zuführen eines die Anfangszeitpunkte der einzelnen Impulse des pulswertenmodulierten Signals (F2) festlegenden zweiten Startsignals aufweist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Startsignal abhängig von den Ansteuerimpulsen (AI) ist.

---

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

---

60

65

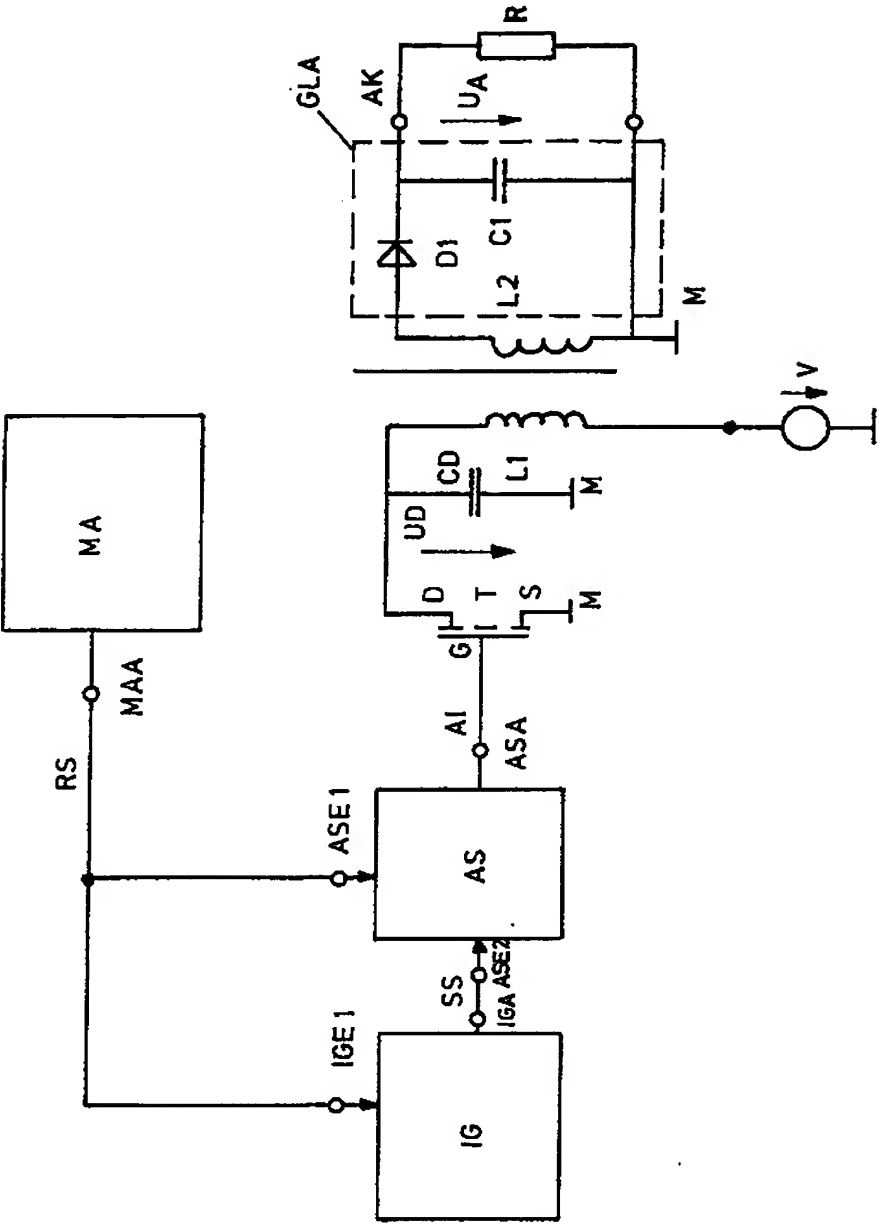
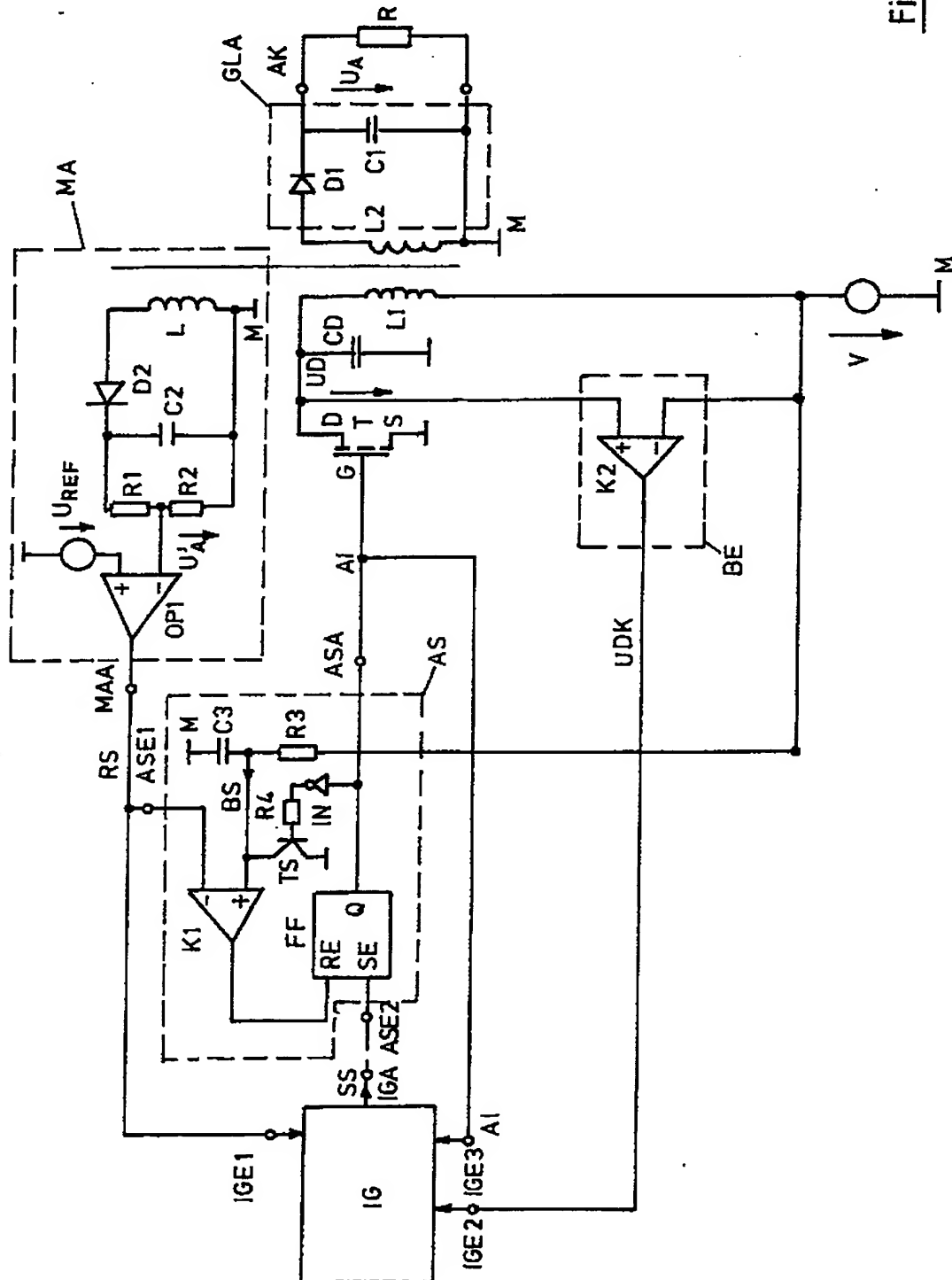


Fig.1



**Fig. 2**

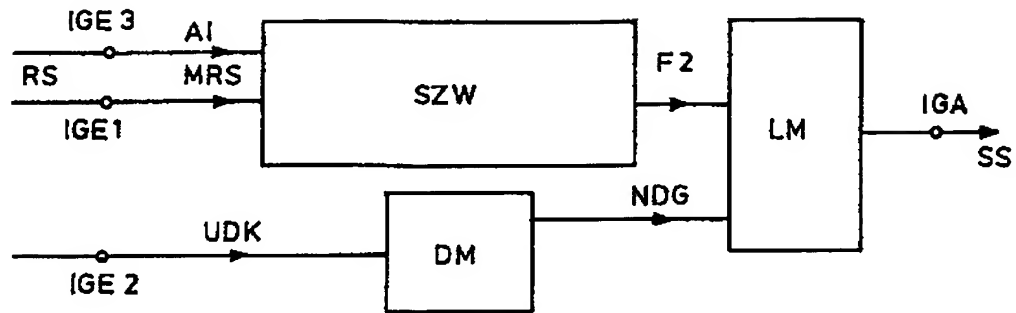


Fig. 3

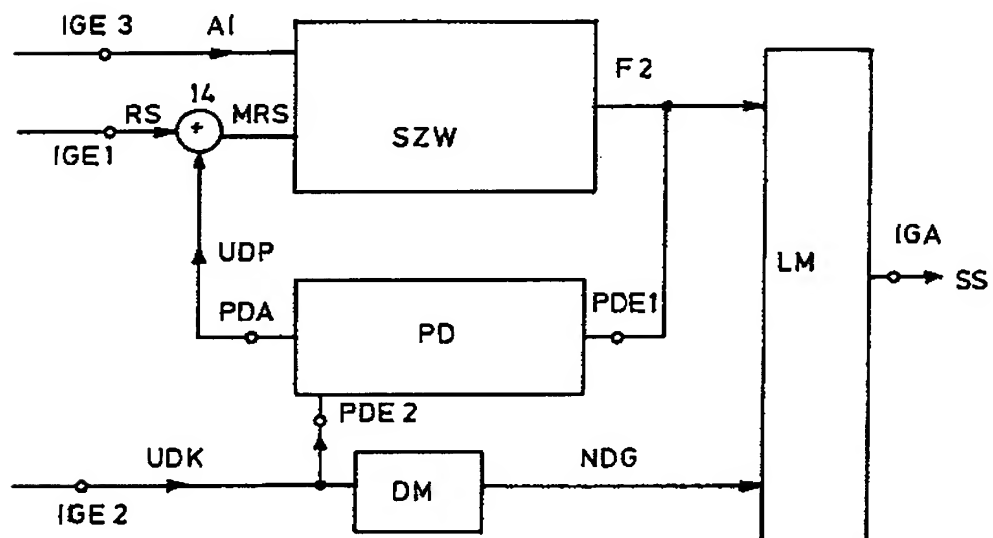


Fig. 4

Fig. 5

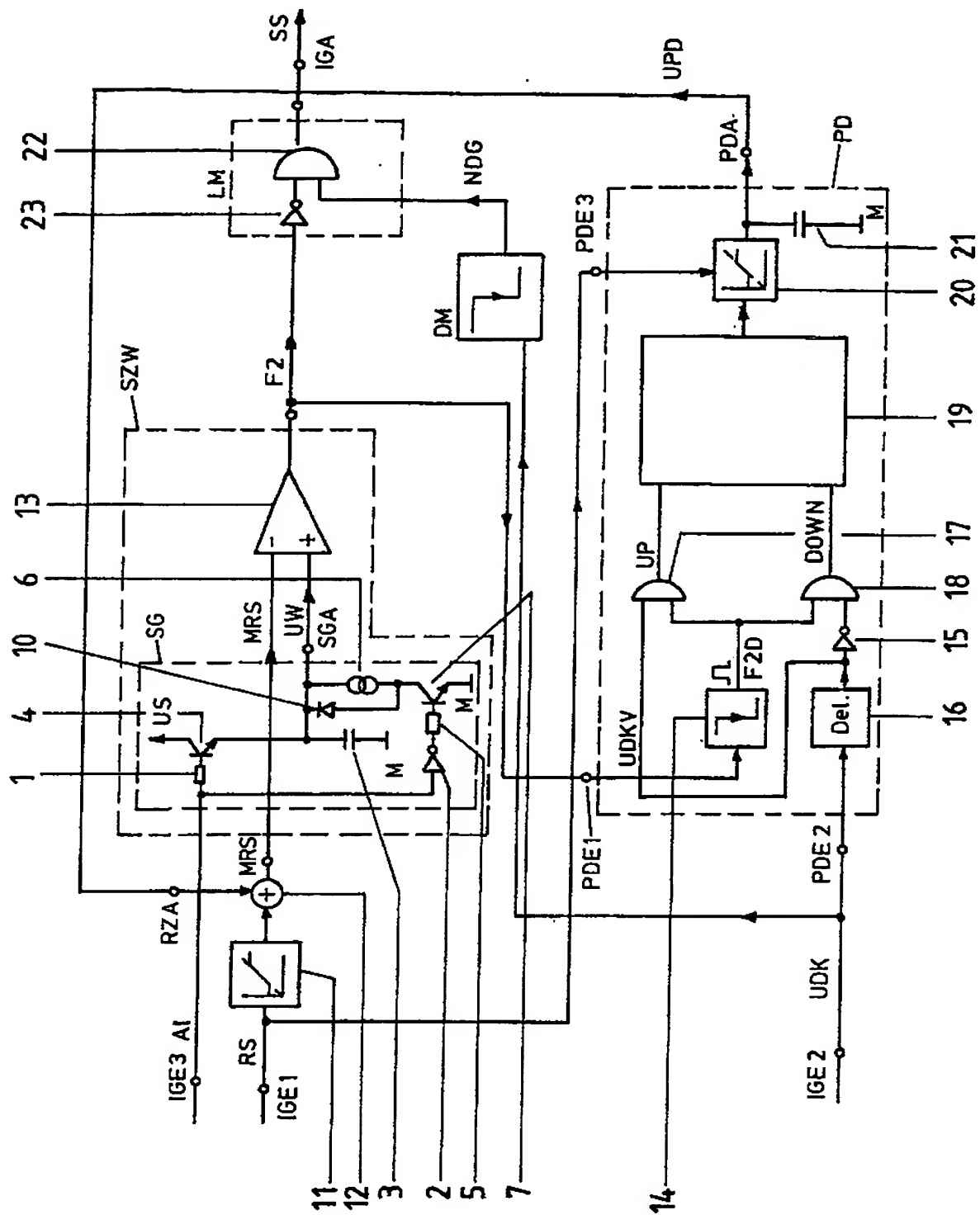
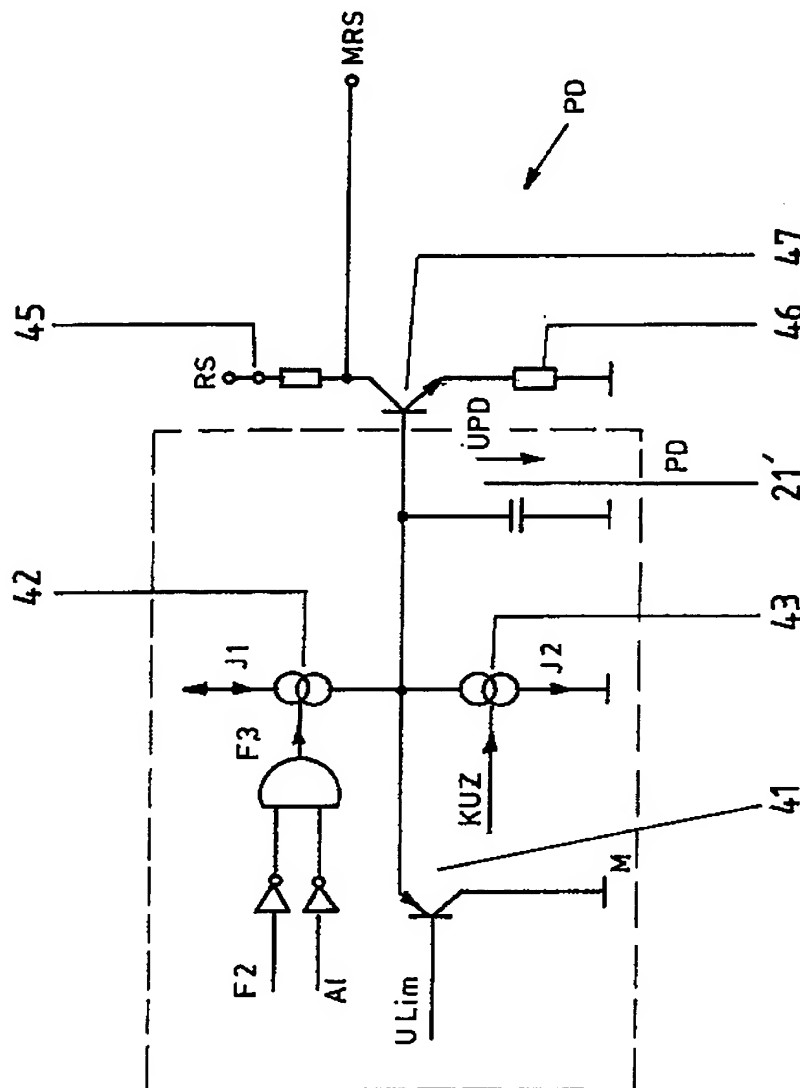




Fig. 6



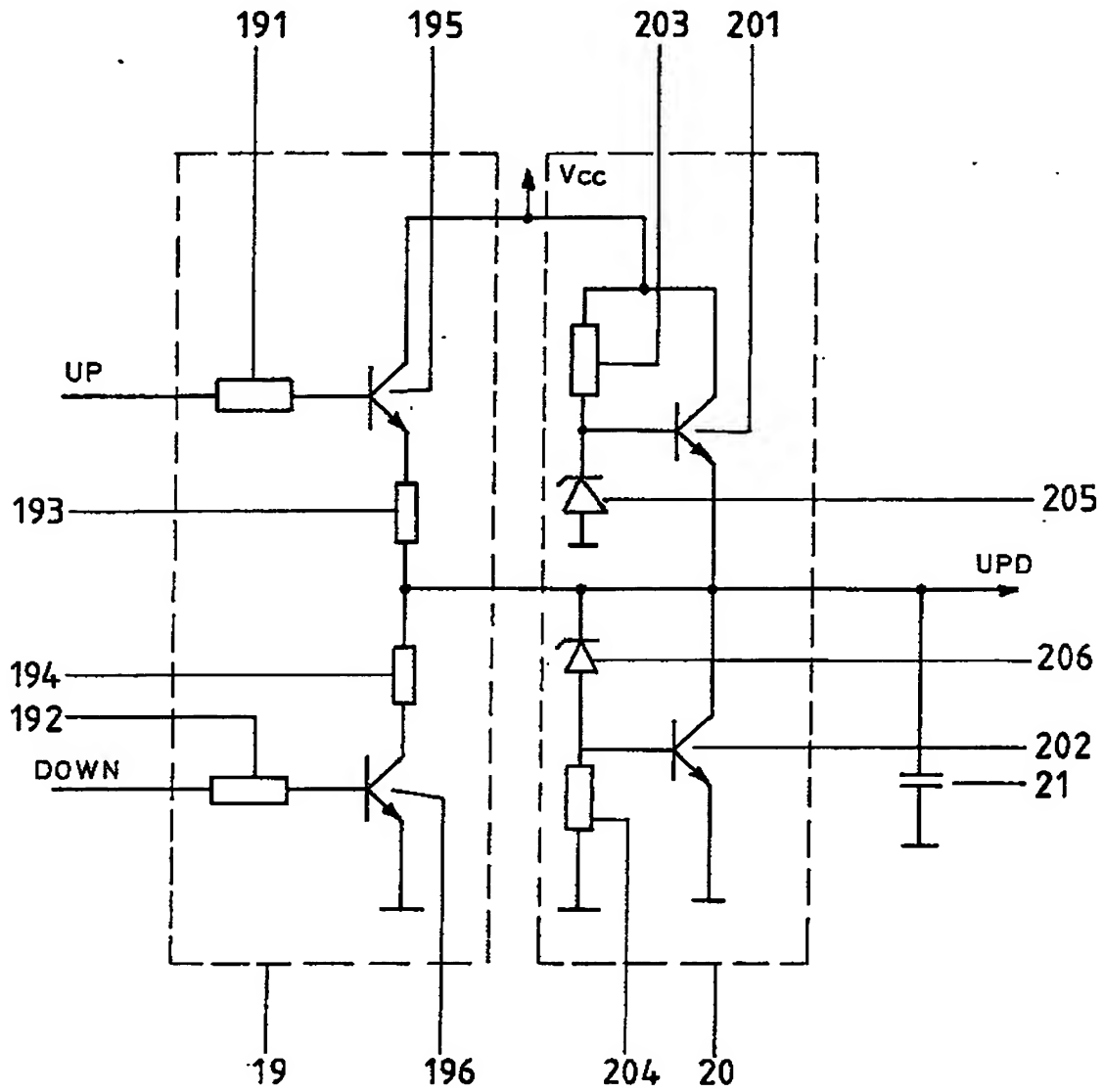


Fig. 7

Fig. 8

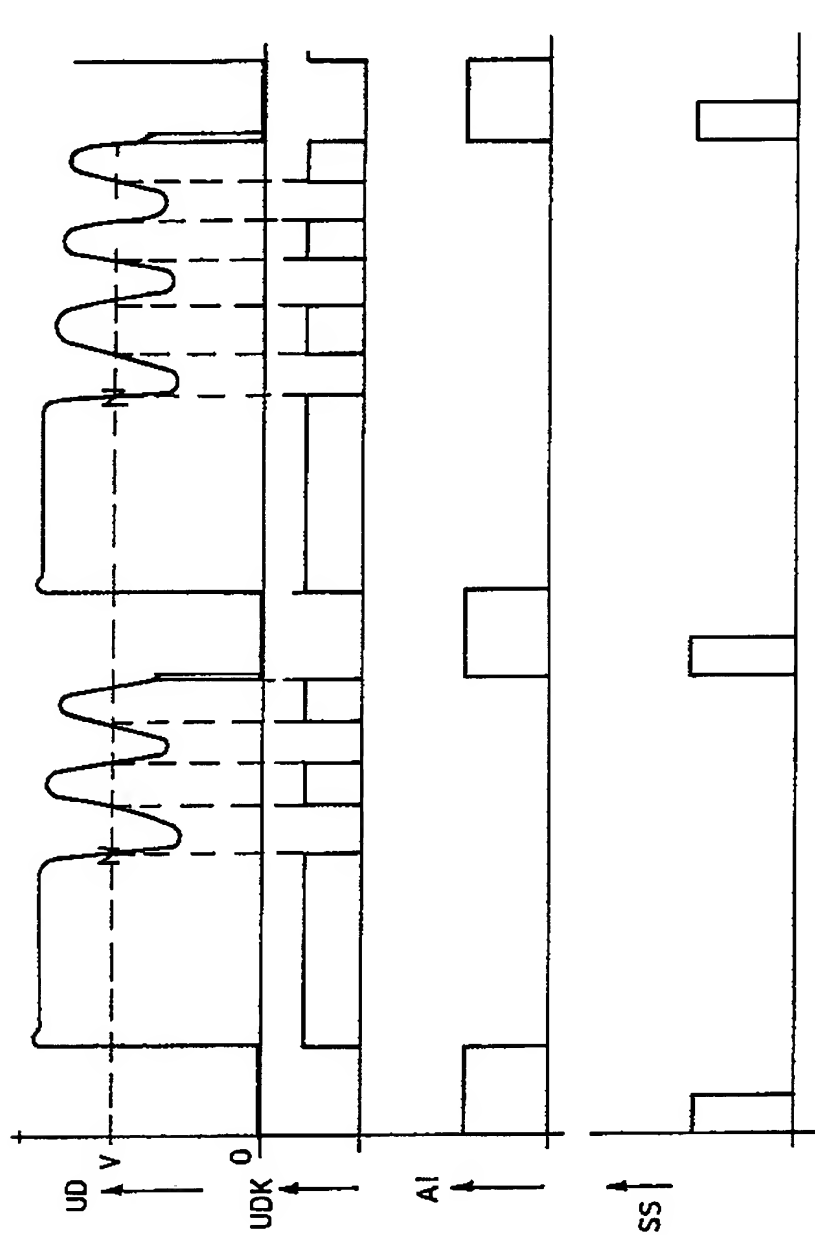
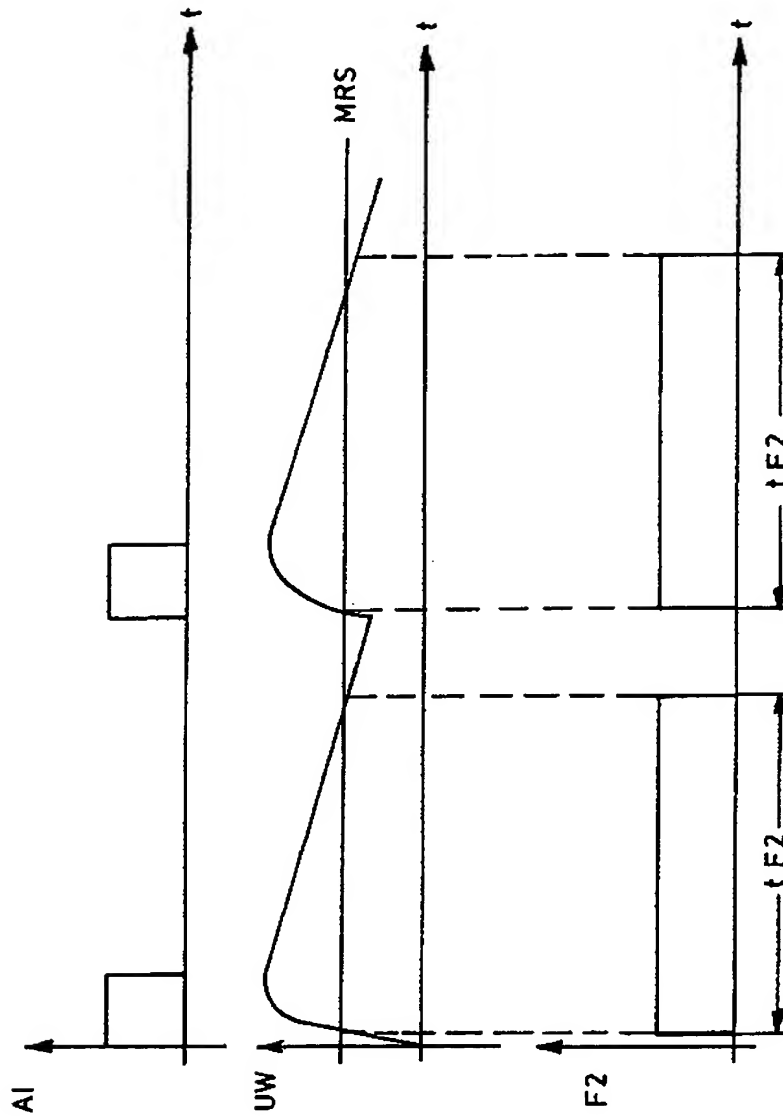


Fig. 9



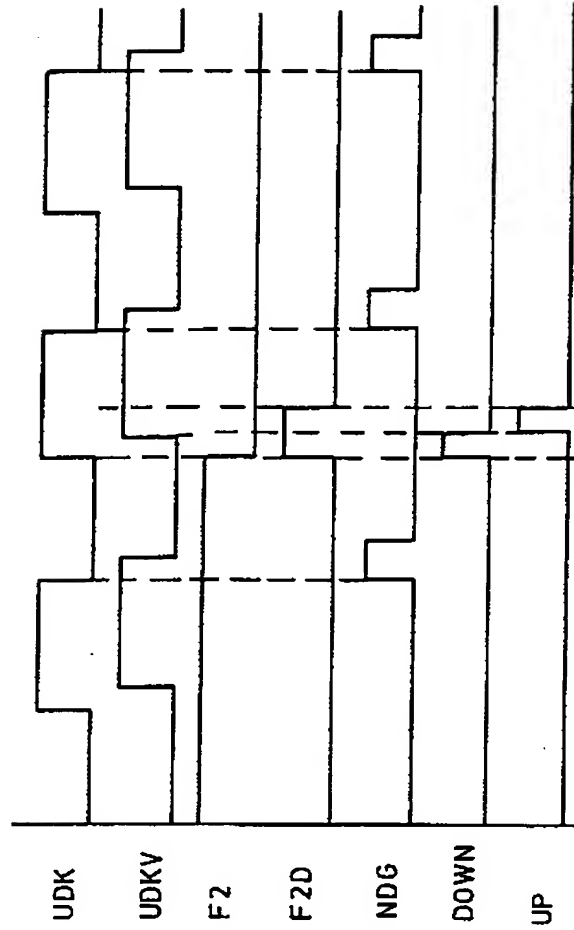


Fig. 10



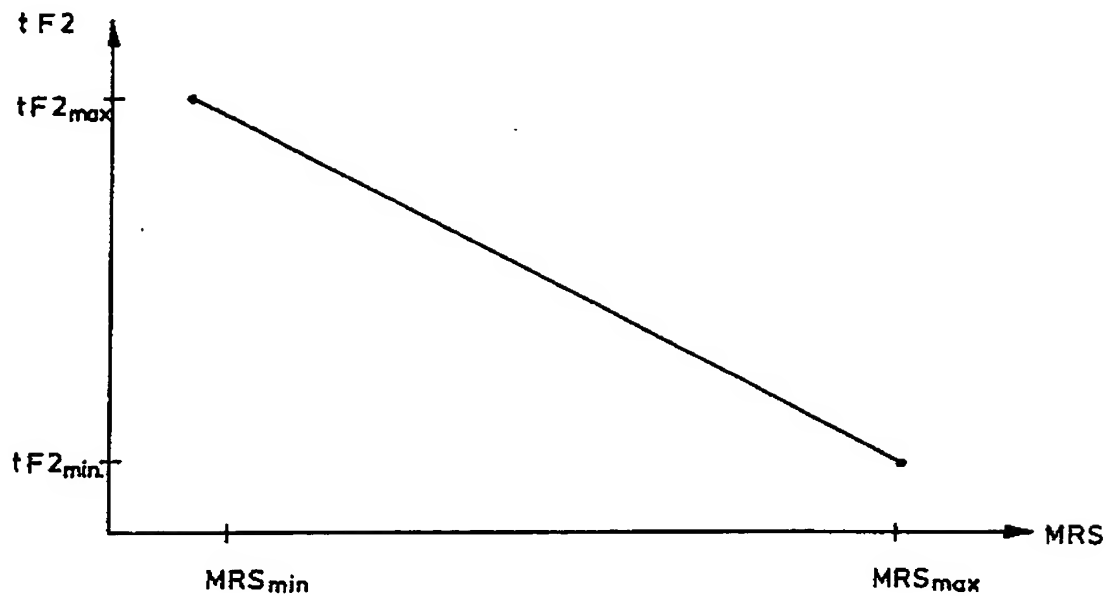


Fig. 11

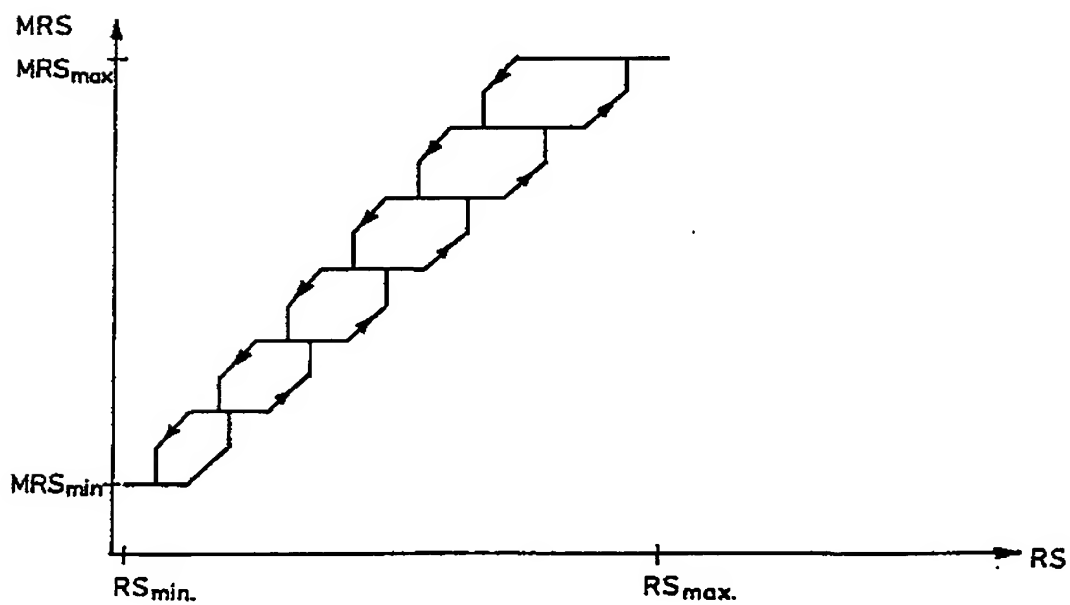


Fig. 12

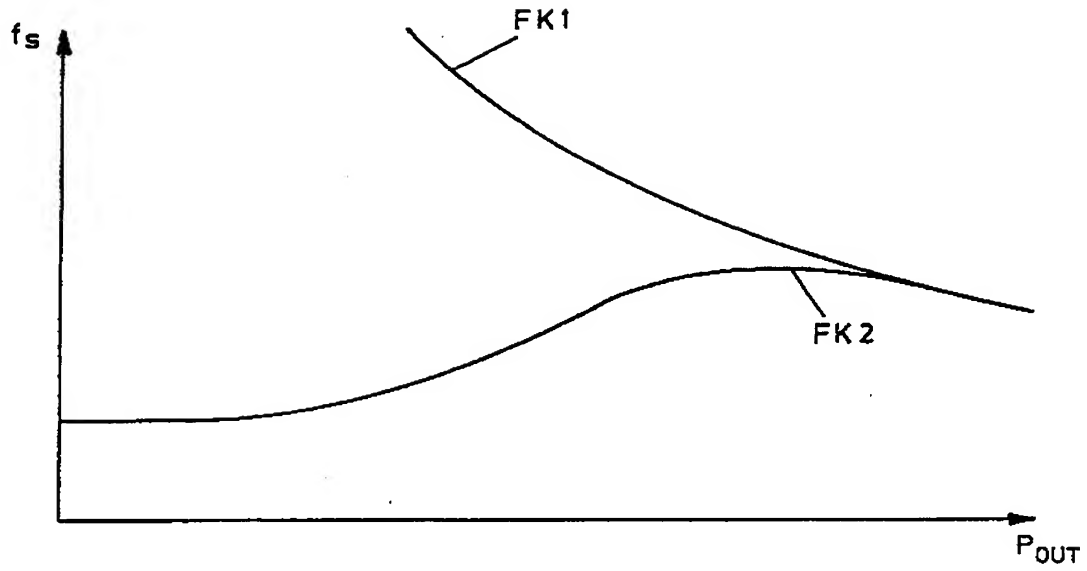


Fig. 13